Technische Universität Dresden - Lehrveranstaltung









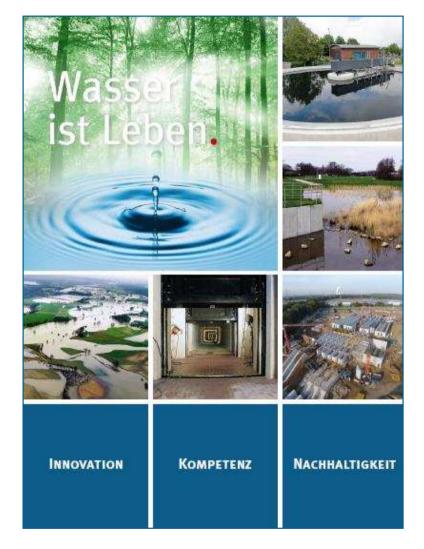
Planung und Betrieb von 4. Reinigungsstufen – Konzepte, Kosten

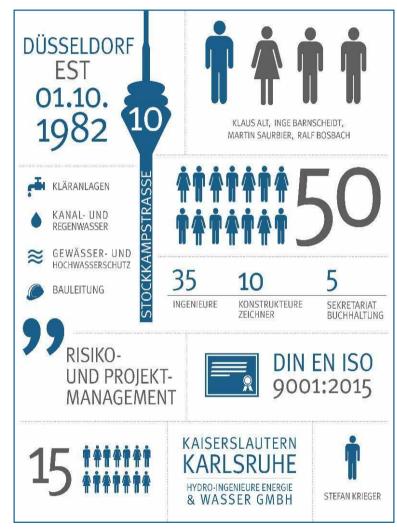
11. April 2023

Dipl.-Ing. Klaus Alt, Dipl.-Ing. Björn Wunderlich



Vorstellung Hydro-Ingenieure GmbH





Kurzvorstellung

Dipl.-Ing. Björn Wunderlich

Geschäftsführer Hydro-Ingenieure GmbH

- 30 Jahre Berufserfahrung
- Fachvorträge
 - Gastvorlesung TU Dresden "Planung von Neubau- und Erweiterungsmaßnahmen von Großkläranlagen"
 - Gastvorlesung EAWAG Zürich "GAK Projekte aktuelle Kosten"
 - Gastvorlesung TU Dresden "Planung von Bau von Abwasserkanälen"
- Mitarbeit in der DWA
 - DWA Buchstabenkurs "Mechanische Abwasserreinigung bewährte und neue Ansätze (Konzeption, Bemessung und Betrieb) Dezember 2021
 - DWA Arbeitsgruppe WI 2.1 "Kostenstrukturen in der Abwassertechnik"



Kurzvorstellung

Dipl.-Ing. Klaus Alt

Prokurist Hydro-Ingenieure GmbH

- 30 Jahre Berufserfahrung
- 50 Fachveröffentlichungen
 - Spurenstoffe
 - dez. Niederschlagswasserbehandlung
 - Energieoptimierung, innovative Technologien
- Mitarbeit in der
 - Arbeitsgruppe DWA KA 7.2 Membrananlagen,
 - LUA Arbeitsgruppe NRW "Bemessung von Belebungsanlagen"
 - DWA FA 6 Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen
 - DWA KA 6.9 Mischwassermitbehandlung
 - DWA AK AG Schlammbehandlung auf kleinen Kläranlagen
 - DWA AG 8.6 Aktivkohle
 - DWA AG Ozon
 - BIZ 7 Fort- und Weiterbildung von Führungskräften





Gliederung



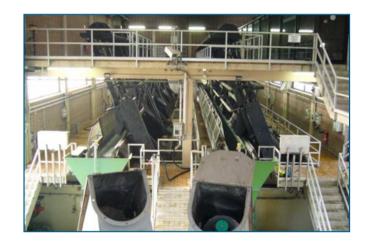
- Konzeptentwicklung "heute"
- Verknüpfung von Forschung und Praxis
- Mittlere bis Großkläranlagen mit einer Ausbaugrösse von über 100.000 EW bis über 1.000.000 EW Projekte der 4. Reinigungsstufe / Mikroschadstoffe
 - Kläranlage Lemgo
 - Kläranlage Emschermündungsklärwerk
 - Kläranlage Bleesbrück und Beggen in Luxemburg
 - •
 - Klärwerk Stuttgart Mühlhausen
 - Technologie mit Direktdosierung der PAK in Filtration / Pilotversuche
 - Kurzvorstellung, Planungsaspekte, Wirtschaftlichkeit
- Zusammenfassung



Einleitung und Veranlassung

Modernisierungsbedarf, Ganzheitliche Betrachtung

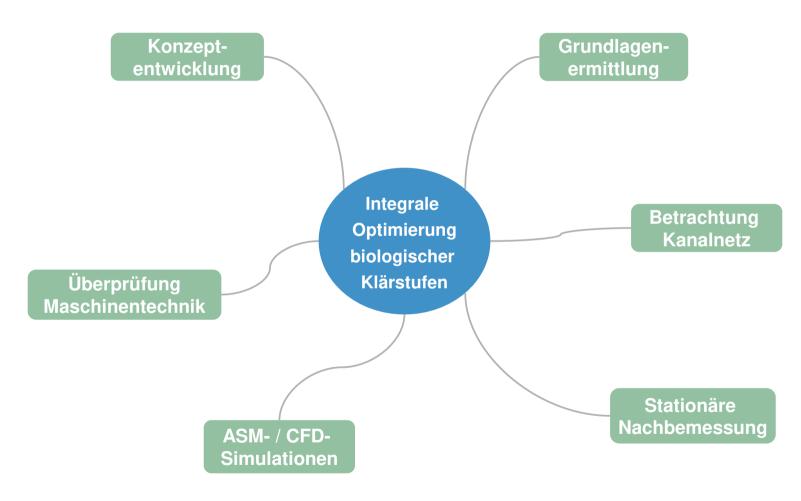
- Fortgeschrittenes Alter der Bau-, Maschinenund EMSR-Technik
- Hohe Instandhaltungskosten
- Optimierungsbedarf, Energieeffizienz







Teilschritte der integralen technischen Optimierung

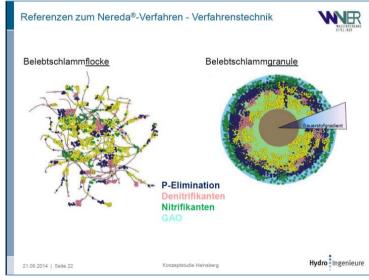




Projektabwicklung heute

- Zukunftsfähige Gesamtkonzepte (Energie, Ressourcen, Spurenstoffe, Hygiene)
- Neue Verfahrenstechniken
 (Nereda, Deammonifikation im Hauptstrom etc.)
- Offenheit bei AG, Behörden und Planer wünschenswert
- Erfahrungsaustausch Europa / Netzwerke
- Anforderungen steigen kontinuierlich
- Sehr hohe Planungsqualität







A3 Kompetenzen – Mechanische Reinigungsstufe



KW Hamburg Köhlbrandhöft 900.000 EW



KW München Gut Marienhof 1.000.000 EW



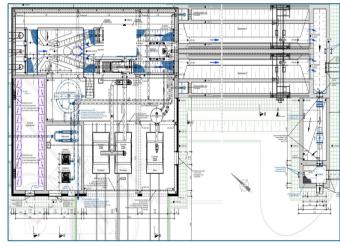
KA Grevenmacher 47.000 / 80.000 EW



KW Emschermündung 1.600.000 EW



KW Uebersyren 65.000 / 125.000 EW



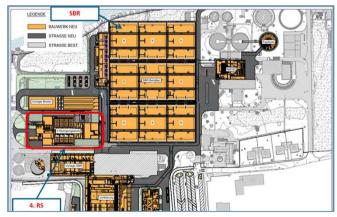
Kläranlage Schifflingen 135.000 EW



A3 Kompetenzen – Biologische / chemische Reinigungsstufe



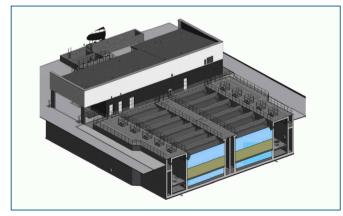
KA Lemgo – Studie Neubau Belebung 77.000 EW



Luxembourg-Beggen, Neubau, Umbau und Sanierung - 450.000 EW



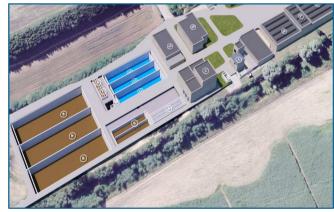
KA Lage – Machbarkeitsstudie Erweiterung Biologie 80.000 EW



KW Berlin Münchehofe – Neubau biologische / chemische Reinigung - 135.000 EW



KA Grevenmacher – SBR – 4-straßig 47.000 EW / 80.000 EW



KA Uebersyren – Neubau und Erweiterung Belebung – 65.000 EW / 125.000 EW



A3 Kompetenzen – 4. Reinigungsstufe, Neubau / Umbau



KA Gütersloh-Putzhagen - Neubau GAK 150.000 EW



KA Harsewinkel – Neubau GAK-Anlage 55.000 EW



KA Lemgo – Ozonung 77.000 EW



KA Dülmen – Neubau PAK-Anlage 65.000 EW



KA Köln-Rodenkirchen – Kombination Ozon / GAK 80.000 EW



KA Lage - GAK 80.000 EW



Erweiterung der Kläranlage Lemgo





Projektlaufzeit

• 2013 - 2021

Projektdaten

Ausbaugröße: 77.000 EW

Trockenwetterzufluss: 1.237 m³/h

11.946 m³/d

Mischwasserzufluss: 3.344 m³/h

- Biologische Reinigungsstufe wird erneuert (Aufgabe der O₂-Begasung)
- 3 Nachklärbecken
- Umbau von Teilen der nachgeschalteten Festbett- / Filtrationsanlage zur Deammonifikation

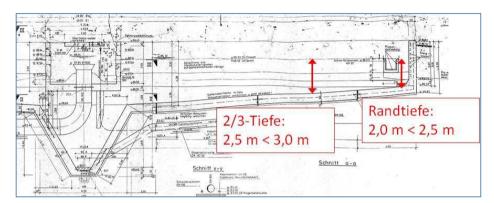
Baukosten

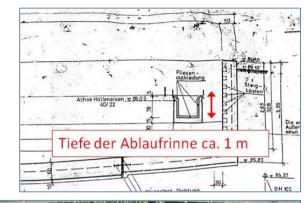
• 14,2 Mio. €



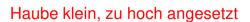
Analyse Bestandssituation Nachklärung (2 Stück Ø 45 m)











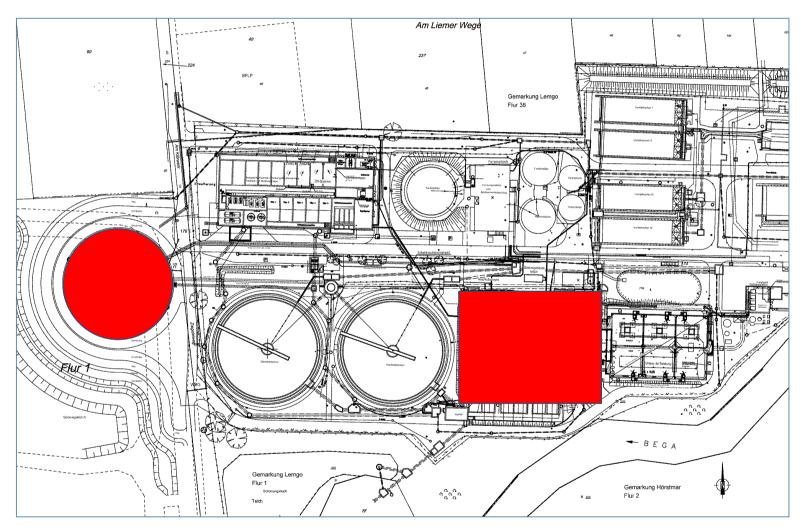


16 Stengeleinläufe DN 300



Realisierung des 3. Nachklärbeckens

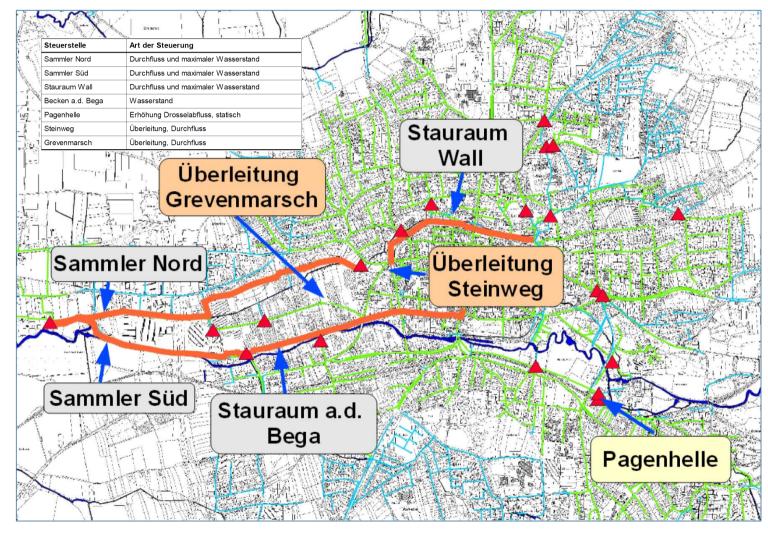






Lösungsvorschläge – Kanalnetzsteuerung (Maßnahmen IWUD, ITWH)



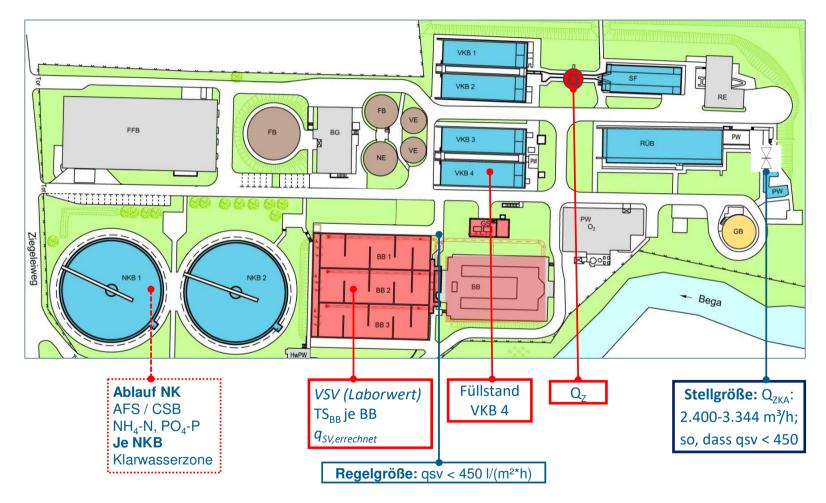




Integrierte Steuerung Lemgo



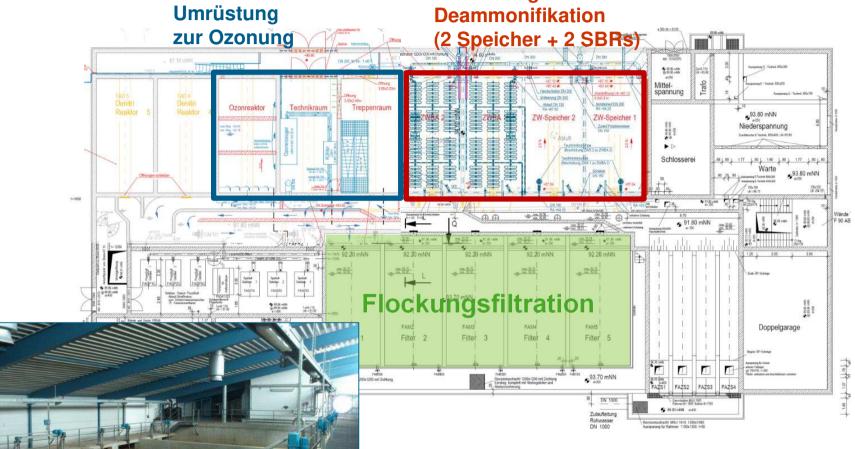




ZKA Lemgo – Erweiterung der Kläranlage







Erweiterung der Kläranlage um eine

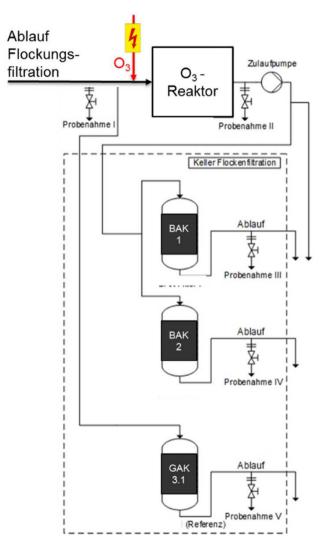
Prozesswasserbehandlung (Deammonifikation) und

4. Reinigungsstufe (Ozonung)



ZKA Lemgo – Pilotanlage Ozon / GAK





Ozonung

Ozondosis: 2 mg/L

• spez. Ozondosis: $0,16 - 0,31 \text{ g O}_3/\text{g DOC}$

Kontaktzeit: 15 Minuten

BAK Filter 1

Beaufschlagung mit Ozon: Ja

Kontaktzeit: 50 Minuten

BAK-Filter 2

Beaufschlagung mit Ozon: Ja

Kontaktzeit: 25 Minuten

GAK-Filter 3.1 (als Referenz)

Beaufschlagung mit Ozon: Nein

Kontaktzeit: 25 Minuten

Filterbetthöhe aller Filter: 2,5 m



ZKA Lemgo – Ozon oder Kombination Ozon / GAK ? Betriebskosten



| Pos. | Kurztext | Variante A Ozon | Variante B Ozon + GAK |
|------|-------------------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | Personal | 10.000,00€ | 10.000,00€ |
| 2 | Energie | 67.592,77€ | 23.190,09€ |
| 3 | Chemikalien | 55.639,30€ | 68.758,27€ |
| 4 | Wartung/ Versicherungen | 12.433,89€ | 18.333,89€ |
| | Betriebskosten netto | 145.665,96 € | 120.282,25 € |
| | + 19 % MwSt. | 27.676,53 € | 22.853,63 € |
| | Betriebskosten brutto | 173.342,49 € | 143.135,88 € |
| | Prozente | 121% | 100% |

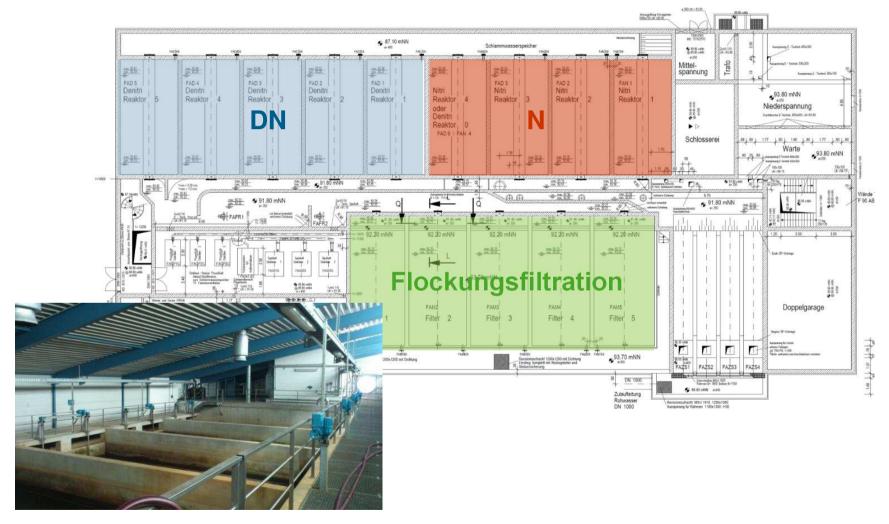
Ozondosis Variante A = 6 mg/l Ozondosis Variante B = 2 mg/l

BV GAK = 50.000 m³/m³, Kontaktzeit 25 Min.



ZKA Lemgo – Erweiterung der Kläranlage



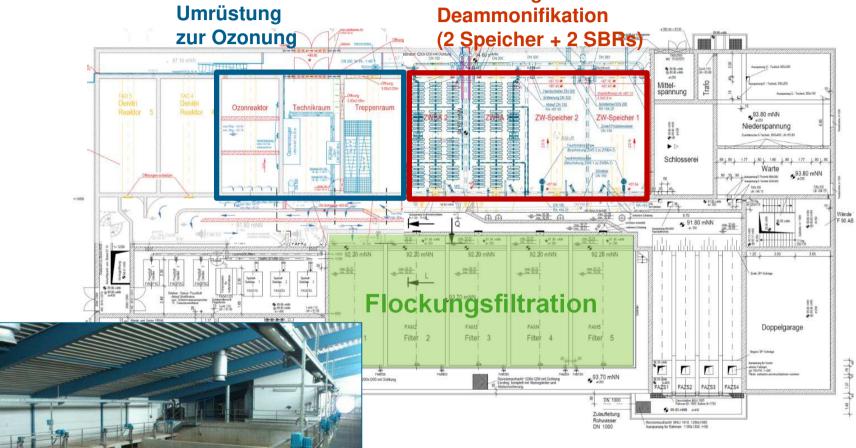




ZKA Lemgo – Erweiterung der Kläranlage







Erweiterung der Kläranlage um eine

Prozesswasserbehandlung (Deammonifikation) und

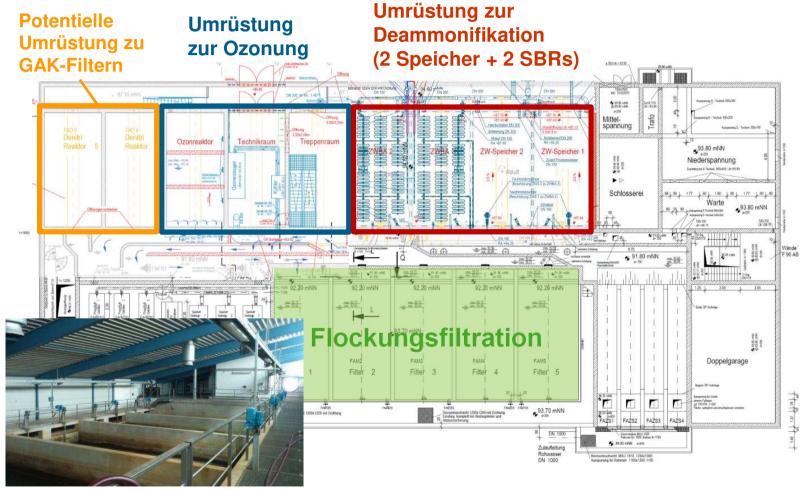
4. Reinigungsstufe (Ozonung)



ZKA Lemgo – Ozon oder Kombination Ozon / GAK ?



Filterstufe Lemgo





ZKA Lemgo – Ausführung Ozonung (mit Erweiterungsoption GAK)

Technische Ausrüstung:

• 1 Generator mit Kühlwasserwärmetauscher

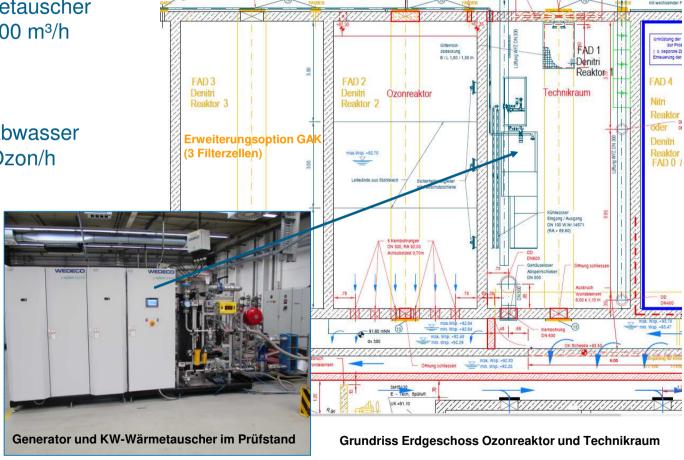
1+1 Injektor/Treibwasserpumpe 100 m³/h

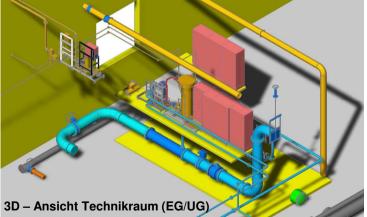
Auslegungsdaten:

Q_{max} = 250 l/s, Kontaktzeit 18 min

• Eintrag von 1,5 bis 8 g Ozon/m³ Abwasser

Ozonproduktion bis max. 7,2 kg Ozon/h

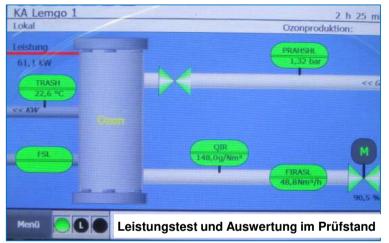




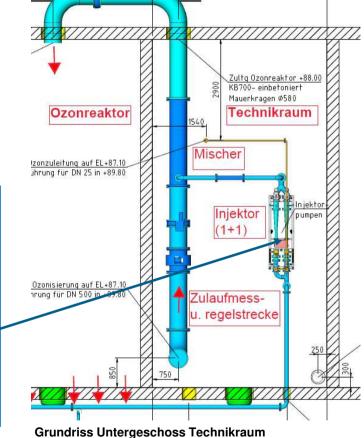
ZKA Lemgo – Ausführung Ozonung (mit Erweiterungsoption GAK)



4250











A3 Erfahrungen mit vergleichbaren Projekten – ZKA Lemgo, 77.000 EW



- Machbarkeitsstudie Erweiterung Biologie, Spurenstoffstudie
- Optimierung Belebung / Energetische Optimierung
 - Variante 1a/b: Erweiterung Belebung WT 3,30 m
 - Variante 2: Erweiterung und Neubau 10.500 m³ mit einer WT 5,70 m
 - Variante 3: Kompletter Neubau 13.800 m³ mit einer WT 5,70 m





Anpassungsmaßnahmen Klärwerk Emschermündung





Projektlaufzeit

• 2011 - 2019

Projektdaten

Ausbaugröße: 1.600.000 EW

Nachtzufluss: 1,5 m³/s

Mischwasserzufluss: 16,5 m³/s
 (Maximaler Zufluss)

- Neubau mechanische Vorreinigung (Zulaufhebewerk, Rechen, Sandfang und Vorklärung sowie HW-PW)
- Erneuerung biologische Reinigungsstufe (Belebung und Nachklärung)

Baukosten

120 Mio. € brutto

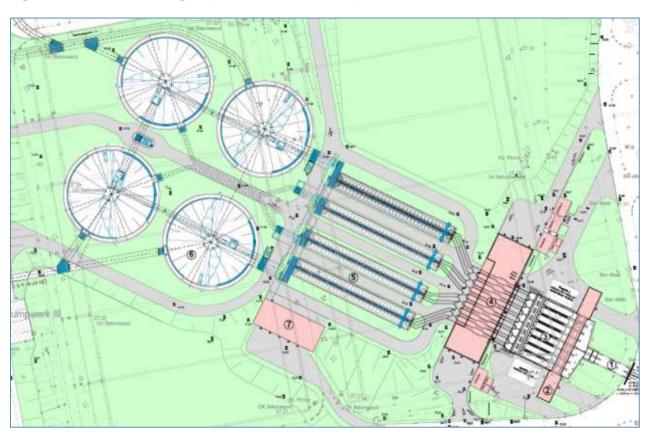


Ausgangssituation / Ziel - Mechanik



Flusskläranlage (bis 45 m³/s) → Regionalkläranlage (bis 16,5 m³/s)

- Anlagentechnik in 2017 bereits mehr als 40 Jahre alt (weitgehend abgeschrieben)
- Vorhandene Anlage liegt unterhalb des HQ₂₀₀-Niveaus der Emscher (nicht auftriebssicher)
- Umbau im laufenden Betrieb deutlich aufwendiger
- Nutzung von Abraummaterial (< 300.000 m³ möglich, Emscherumbau)



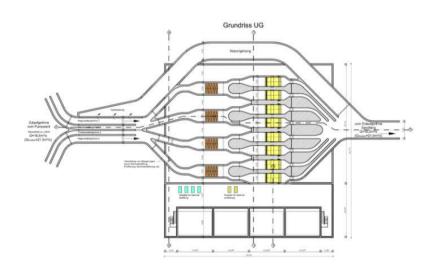


Konzeptansätze - Mechanische Reinigungsstufe



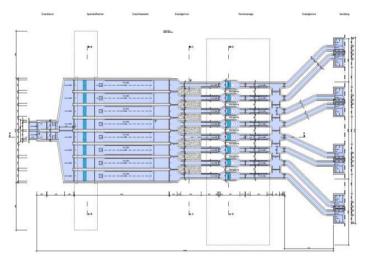
Auffächerung

- Unterschiedliche Anzahl Grob-, Feinrechen und SF
- Große Abwicklungslänge
- Größere Totzonen



Linienhafte Zuordnung

- Gleiche Anzahl Grob-, Feinrechen und SF
- Kurze Abwicklungslänge
- Kaum Totzonen

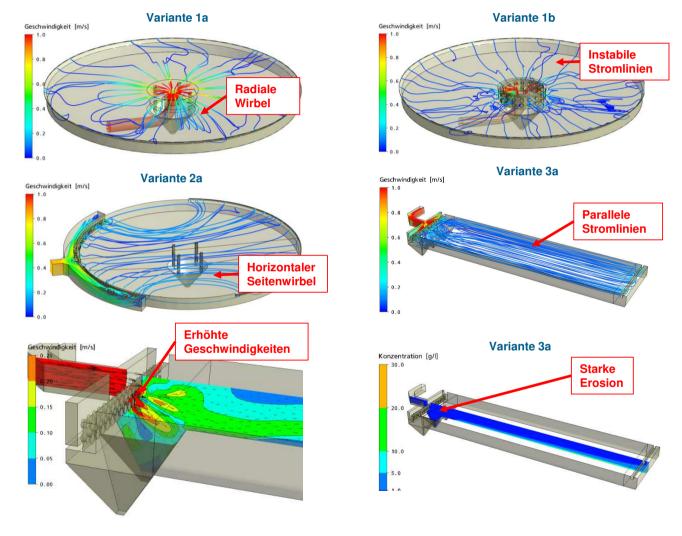




Konzeptansätze - Vorklärung









Klärwerk Emschermündung

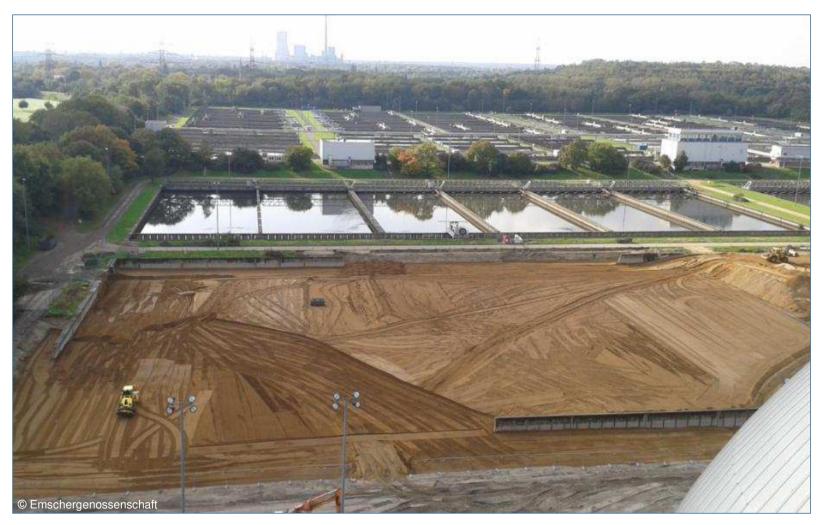






Klärwerk Emschermündung - 2014







Klärwerk Emschermündung - April 2015







Klärwerk Emschermündung - April 2016







Klärwerk Emschermündung - September 2019









Kläranlage Emschermündung, Technikum – Kernprozess Abwasserreinigung



Mikroschadstoffe – Neues Technikum in Dinslaken (KLEM)

Versuchskläranlage mit 1.000 EW

Parallele Behandlung mit 4 Verfahren

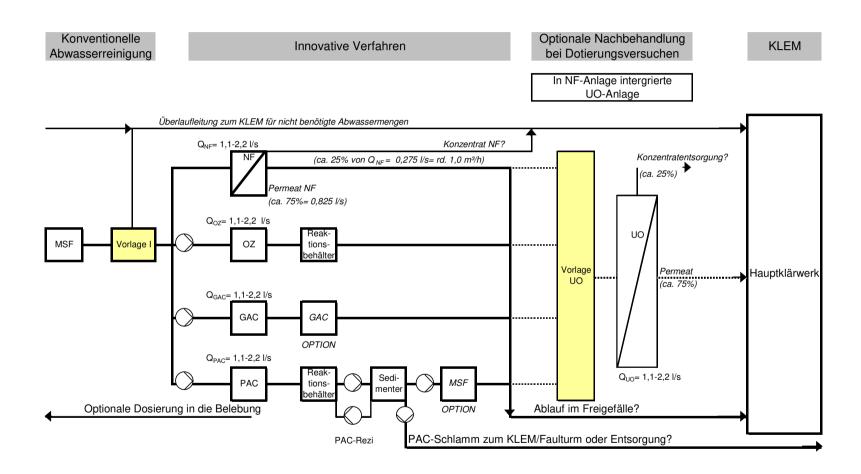
- Ozonierung (OZ)
- Pulveraktivkohle (PAK)
- Aktivkohlefilter (GAK)
- Nanofiltration (NF)
- Endbehandlung durch Umkehrosmose (UO)





Kläranlage Emschermündung, Technikum - Verfahrenskonzept



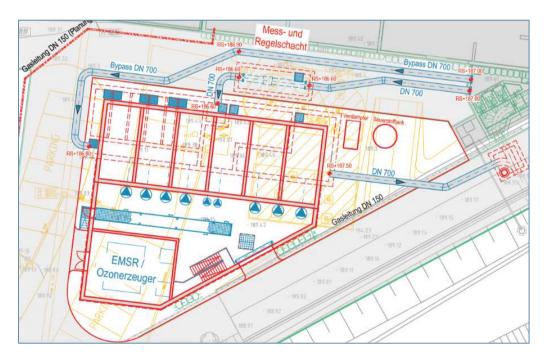








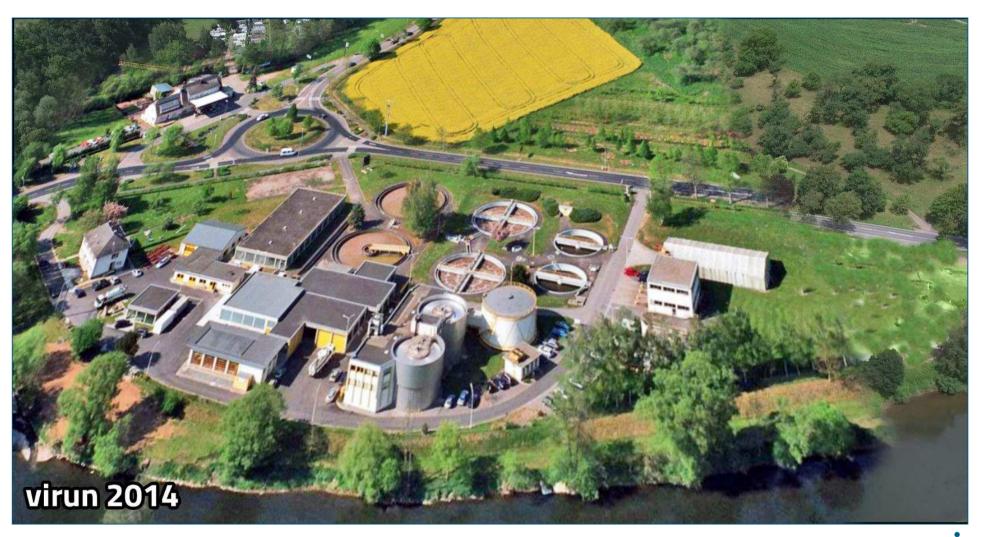
- Ausbaugröße 160.000 EW
- Neubau Mechanik, Neubau 3-straßige Belebung / 4-straßige Nachklärung
- Realisierung komplett unter laufendem Betrieb Planung 2014 bis 2016, Bauphase 2017 bis 2020
- Gesamtinvest 80 Mio. €, 4. Reinigungsstufe als Ozon / GAK zusätzlich 7 Mio. €





Kläranlage Bleesbrück, Luxemburg





Kläranlage Bleesbrück, Luxemburg





Präsentation vergleichbarer Projekte

KA Beggen Luxemburg – Lageplan – 3D Visualisierung

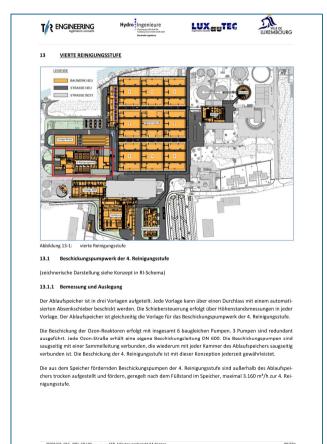


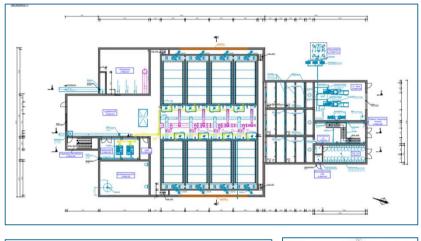


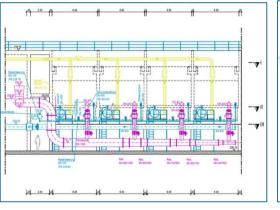


Präsentation vergleichbarer Projekte

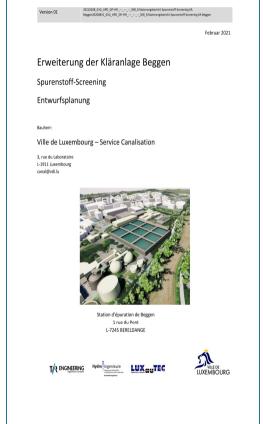
KA Beggen Luxemburg – Planung der 4. Reinigungsstufe













Erweiterung der Kläranlage Dortmund Deusen





Projektlaufzeit

• 2020 - 2024

Projektdaten

Ausbaugröße: 700.000 EW

Trockenwetterzufluss: 1.096 l/s

Mischwasserzufluss: 4.500 l/s

Projektaufgabe

- Bau einer 4. Reinigungsstufe
- Optimierung der Biologie
- Optimierung von sechs Nachklärbecken

Baukosten

• ca. 60 Mio. €



KA Dortmund Deusen – Einbindung der Projektbeteiligten





PAK Zugabe in den Überstand Raumfiltration - Chronologie

- Empfehlung Metcalf Eddy 1996, V. Mayer 1991
- Erste erfolgreiche Versuche eawag M. Böhler, H. Siegriest, Kloten Optikon 2009
- Wuppertal Buchenhofen, Pilotversuch in 60 m² Filterzelle, positive Ergebnisse (Dr. Erbe – Essener Tagung 2010)



Abwasserbehandlung

Abwasserreinigung – Quo vadis?

Our Bogniff, Mik Eurgehands / Banasseminspung' statis histas on intimer für die Stokkooff- und Phasphaneliniste Den honderen mit ziese dere machhaben missare missarktur die Et missande von Sparventerian zus dem Wasse und Stoffendad und mit gest dan 10 Miks. Jacker g. X. Dense ambroogenen Stoffe jaronistik gedähndung stokkaan zuründ den Stoffigrappen installen. Den mille, "Norsind Gereb Modelle. Nitrigenbet hasterhalt. Platensachshafterläus," Güropens, Deutsfeddramtzeit mille, "Norsind Gereb Modelle. Nitrigenbet hasterhalt. Platensachshafterläus," Güropens, Deutsfeddramtzeit den deutschafterläus deutschafterläus deutschafterlaus deutschafterläus zu deutschafterlaus deutschafterlaus zu deutsch

mails, revined Com-Position, Principle Instrument (Flurianshisterities, Cotropies, Describedistraties, Octoberities) is "Jabonites. Des Enteres (Flurianshisterities, Cotropies, Describedistraties, Des Enteres (Flurianshisterities) und de Abrasinentrigues, Describedistraties (Antherson and Antherson and Antherson and Antherson and Anthroposities) and Anthroposities (Anthroposities, Anthroposities, Anthropositi

gung können secalverstoglich gestabet werden. Die weitergebende Albussonseinigung sollte als Fanklerende Maßnahme zur unumgänglichen Vermadzungsstra-tegle politikiert werden.

1. Spurenstoffe im Abwasser/Trinkwasser

and the state of t mentiert. dass die o.g. Spurenelemente in der gesamten Trotz dieser Naßbahmen werden die Klinanlagen auch aquatischen Umweit zu finden sind, mit jeweits abnehmen langfristig die Hauptemittenten für Mikroverune inigungen

Einige Pfade – z. B. Sickerwasser aus diestimültdeporsen ber den Boden in des Grundmasser – sind trest tertootes noch existent dies mit in besonderen Malle Sir viele Allian en auch haufa mach au; andere Püde – 28. Entorgung von Pharmata über Retimul door tolletten – können Burghissig Abwasserreinigung duch Schäfung des Umwiltbewussteins jedes einzelnen Bürgers und Öffnung von Entürgungspladen über Apothe-ken eingeschränkt werden.

Doing Herman Myrc Butiki 6 Meyr Esperiouspeatachth fur Nasan, Abunner und Athalietathath Universitiestode 14, D 44781 Sochum. E MAI Europeatam bedrumde

Des Weiteren sind Industrie und Landwittschaft aufgefo-

agastischen timmett auf inden sind, mit jinnels abnehmen-der Tendern von der Klänninge (der Oberfülschenken). In die glassie der haufgeten der klänning der der Schalbergerichten der Versicht unternormen, die sieffalligen in der Britangungs- und Einzappfale für Spunnsoffe systemsteben, and State von der Versichten unternormen, die sieffalligen in der Versichten der Versichten unter der Versichten der Versichten unter der Versichten unter den versicht gestellt der Spunnsoffe systemstehen versichten unter den versichten unter der Versichten unter den versichten unter den versichten unter der den werden, wo eine langfristige Konsaminetton von Trink-wasser nicht ausnachtießen ist.

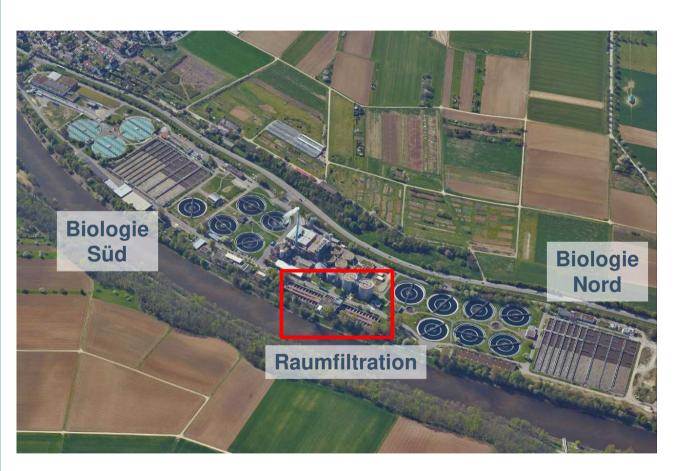
Zeil der EU WFR. ist die Erreichung eines gusten chemischen und guten (klabigischen Zustands der Überflischengewis-ser. Haupstagement sind die im Anhang X aufgelsten Substanzen, die definitionsgemell resistent, bisakkumulier-

diese gewässerrelevanten Stoffe Minderungsstrategien zur

DHF Wasser-Absenser 169/20081 Nr. 4







Projektdaten

• Ausbaugröße: 1.200.000 EW

• Mischwasserzufluss: 7,5 m³/s

Teilstrombehandlung: 2,8 m³/s

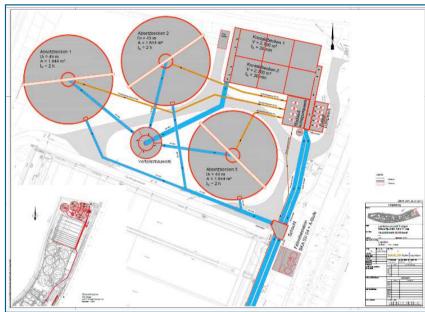
• Projektlaufzeit: 2014 - 2028







- Ergebnis der Vorplanung (2014):
 PAK Adsorptionsstufe
 mit separater Sedimentation
 (3 NKB mit Ø 49 m)
- Positiver Erfahrungsaustausch
 SES und Wupperverband vom 22.10.2015 und 16.12.2015
- Pilotversuch Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW erfolgreich
- Wirtschaftlichkeit und betriebliche Argumente ausschlaggebend



| Pos. | Kurztext | Variante 1 PAC mit Kontakt- und Absetzbecken inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016) | Variante 2 GAK Inkl. 2 % Pre(sstelgerung pro Jahr (2012-2016) | | Variante 4 PAC im Überstau |
|------|---------------------|---|---|-----------------|-------------------------------|
| 1 | Bau | 22.086.482,68 € | 15.497.527,61 € | 3.920.861,54 € | 4.660.880,00 € |
| 2 | Maschinentechnik | 2.443.108,92 € | 3.681.957,94 € | 2.839.219,56 € | 1.610.200,00 € |
| 3 | EMSR-Technik | 2.585.618,69 € | 3.198.697,44 € | 2.507.254,93 € | 903.610,00 € |
| | Investkosten netto | 27.115.210,29 € | 22.378.182,99 € | 9.267.336,03 € | 7.174.690,00 € |
| | + 19 % MwSt. | <u>5.151.889,95 €</u> | <u>4.251.854,77 €</u> | 1.760.793,85 € | 1.363.191.10 € |
| | Investkosten brutto | 32.267.100,24 € | 26.630.037,76 € | 11.028.129,87 € | 8.537.881,10 € |
| | Prozente | 100% | 83% | 34% | 26% |





- Ergebnis der Vorplanung:
 PAK Adsorptionsstufe
 mit separater Sedimentation
 (3 NKB mit Ø 49 m)
- Positiver Erfahrungsaustausch zwischen SES und Wupperverband vom 22.10.2015 und 16.12.2015 auf Vorschlag SES und mit Begleitung von HI
- Pilotversuch Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW erfolgreich
- Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten betriebliche Argumente ausschlaggebend



| Pos. | Kurztext | Variante 1 PAC mit Kontakt- und Absetzbecken inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016) | Variante 2 GAK inkl. 2 % Preissteigerung pro Jahr (2012-2016) | Variante 3 Ozon inkl. 2 % Preisstelgerung pro Jahr (2012-2016) | Variante 4 PAC im Überstau |
|------|---------------------|---|---|--|-------------------------------|
| 1 | Bau | 22.086.482,68 € | 15.497.527,61 € | 3.920.861,54 € | 4.660.880,00 € |
| 2 | Maschinentechnik | 2.443.108,92 € | 3.681.957,94 € | 2.839.219,56 € | 1.610.200,00 € |
| 3 | EMSR-Technik | 2.585.618,69 € | 3.198.697,44 € | 2.507.254,93 € | 903.610,00 € |
| | Investkosten netto | 27.115.210,29 € | 22.378.182,99 € | 9.267.336,03 € | 7.174.690,00 € |
| | + 19 % MwSt. | 5.151.889,95 € | <u>4.251.854,77 €</u> | 1.760.793,85 € | 1.363.191,10 € |
| | Investkosten brutto | 32.267.100,24 € | 26.630.037,76 € | 11.028.129,87 € | 8.537.881,10 € |
| | Prozente | 100% | 83% | 34% | 26% |





- Ergebnis der Vorplanung:
 PAK Adsorptionsstufe
 mit separater Sedimentation
 (3 NKB mit Ø 49 m)
- Positiver Erfahrungsaustausch
 SES und Wupperverband vom 22.10.2015 und 16.12.2015
- Pilotversuch Kompetenzzentrum Spurenstoffe BW über 1 Jahr erfolgreich
- Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Investitions- und Betriebskosten ausschlaggebend für die großtechnische Realisierung













Von links nach rechts: F. Kuhn, M. Schanz, F. Untersteller, B. Diehm



Fazit

- Bedarfsspezifische Lösungen (mit Blick über den Tellerrand hinaus)
- In der Planung möglichst von Anfang an die Erfahrungen des Betriebspersonals einbeziehen
- Der nachhaltige Weg in der Zukunft
 - Reinigungsleistung verbessern
 - Energie einsparen
 - Betriebskosten reduzieren
 - Anlagensicherheit erhöhen
 - Arbeitsbedingungen verbessern









Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

www.hydro-ingenieure.de

